

JAPANESE PATENT LAID-OPEN PUBLICATION

(11) Patent Application Laid-open No. 2000-509578

5 (71) Applicant: Amati Communications Corporation

2043 Samaritan Drive, San Jose, 95124 California, U.S.

(72) Inventor (Deviser): Bingham, John A.C.

2353 Webster Street, Palo Alto, 94301 California, U.S.

(54) Title of the Invention (Device):

10 Radio Frequency Interference Relaxation in Multi-Carrier Data Transmission
System

(57) Abstract

15 Provided is a multi-carrier transmission system in which interference is likely
to occur within a limited bandwidth. Sub-carrier is not used in the bandwidth. Also,
a dummy tone can be used to suppress transmission power in the limited bandwidth,
and a silence tone can be used so that the receiver can detect interference from the
bandwidth and cancel the interference. The dummy tone and the silence tone can
approach upper or lower portions or both sides of the limited bandwidth.
20 Particularly, these alternatives are applied to a VDSL system in which a limited
bandwidth corresponds to an amateur wireless band.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2000-509578

(P2000-509578A)

(43) 公表日 平成12年7月25日 (2000.7.25)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード* (参考)
H 0 4 J 11/00		H 0 4 J 11/00	Z
H 0 4 B 1/10		H 0 4 B 1/10	Z
3/04		3/04	Z

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 43 頁)

(21) 出願番号 特願平9-538191
(86) (22) 出願日 平成9年4月17日 (1997.4.17)
(85) 翻訳文提出日 平成10年10月19日 (1998.10.19)
(86) 国際出願番号 P C T / U S 9 7 / 0 6 4 5 4
(87) 国際公開番号 W O 9 7 / 4 0 6 0 9
(87) 国際公開日 平成9年10月30日 (1997.10.30)
(31) 優先権主張番号 6 0 / 0 1 6 , 2 5 2
(32) 優先日 平成8年4月19日 (1996.4.19)
(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 アマティ コミュニケーションズ コーポ
レイション
アメリカ合衆国95124 カリフォルニア州,
サノウゼ, サマリタン ドライブ 2043
(72) 発明者 ビンガム, ジョン, エイ., シー.
アメリカ合衆国94301 カリフォルニア州
パロ アルト, ウェブスター ストリート
2353
(74) 代理人 弁理士 浅村 皓 (外3名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マルチキャリア伝送システムにおける無線周波数干渉の緩和

(57) 【要約】

制限されたバンド内で干渉が生じやすいマルチキャリア伝送システムにおいて、このバンド内ではサブキャリアを使用しない。更に、制限されたバンド内の伝送パワーを抑制するようにダミー・トーンを使用でき、受信機がこのバンドからの干渉を検出してキャンセルできるように沈黙トーンを使用できる。これらダミー・トーンおよび沈黙トーンは、制限されたバンドのエッジの下もしくは上またはその双方でエッジに接近することができる。特に、これらの対策は、制限されたバンドがアマチュア無線バンドに対応するVDSLシステムに適用される。

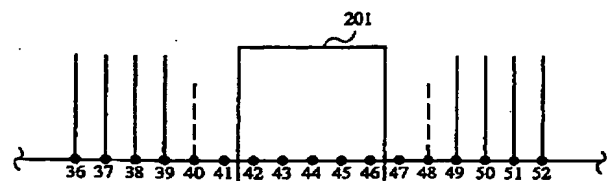


FIGURE 10

【特許請求の範囲】

1. 指定された伝送バンド幅内に多数の離散サブチャンネルを有するマルチキャリア伝送方式を使用する一対のモデム間の通信を容易にするデータ伝送システムにおいて、前記指定された伝送バンド幅内の指定された限定された周波数バンド内の無線周波数放出のパワー・スペクトル密度を低減するようにマルチキャリア信号を伝送する方法であって、

(a) 前記指定された伝送バンド幅内の複数の選択されたデータ・サブチャンネルを通してデータ信号を伝送するステップと、

(b) 前記限定された周波数バンド外のデータ・サブチャンネルの少なくとも1つからのサイドローブ伝送に起因する前記限定された周波数バンドにおける伝送パワーを抑制するように振幅および位相が選択されたダミー・トーンを、選択されたダミー・サブチャンネルを通して伝送するステップと、

を備えた、マルチキャリア信号を伝送する方法。

2. 複数のダミー・トーンが異なるダミー・サブチャンネルを通して伝送され、該ダミー・サブチャンネルの第1のサブチャンネルが前記限定された周波数バンドよりも高い周波数を有し、前記ダミー・サブチャンネルの第2のサブチャンネルが前記限定された周波数バンドよりも低い周波数を有する、請求項1記載の方法。

3. 前記ダミー・サブチャンネルが前記限定された周波数バンドにすぐ隣接して位置するサブチャンネルであり、前記限定された周波数バンド内のサブチャンネルでは伝送を行わない、請求項1記載の方法。

4. 異複数のダミー・トーンが異なるダミー・サブチャンネルを通して伝送され、前記限定された周波数バンドの両側にダミー・サブチャンネルの2つが位置する、請求項1記載の方法。

5. 前記限定された周波数バンドにすぐ隣接する沈黙サブチャンネルを通しては信号を伝送せず、前記ダミー・サブチャンネルが前記沈黙サブチャンネルに隣接する、請求項1記載の方法。

6. 前記指定された伝送バンド幅が複数の限定された周波数バンドを含み、少

なくとも1つのダミー・サブチャンネルが各限定された周波数バンドに関連し、各ダミー・サブチャンネルが該ダミー・サブチャンネルを通して伝送される関連ダミー・トーンを有する、請求項1乃至請求項4のいずれかに記載の方法。

7. 前記限定された周波数バンドの第1のバンドが約1.8～2.0MHzの範囲内にあり、前記限定された周波数バンドの第2のバンドが約3.5～4.0MHzの範囲内にあり、前記限定された周波数バンドの第3のバンドが約7.0～7.3MHzの範囲内にある、請求項6記載の方法。

8. 前記選択されたデータ・サブチャンネルが前記指定された周波数バンド内にサブチャンネルを含まず、前記限定された周波数バンド内のサブチャンネルでデータ伝送を行わない、請求項1乃至請求項7のいずれかに記載の方法。

9. 前記限定された周波数バンド内のサブチャンネルの少なくとも1つでデータ伝送を行う、請求項1または請求項5乃至請求項7のいずれかに記載の方法。

10. 指定された伝送バンド幅内に多数の離散サブチャンネルを有するマルチキャリア伝送方式を使用する一対のモデム間の通信を容易にするデータ伝送システムにおいて、前記指定された伝送バンド幅内の指定された周波数バンドで発生しやすい無線周波数ノイズを抑制する方法であって、

(a) 前記指定された伝送バンド幅内の複数の選択されたデータ・サブチャンネルを通してデータ信号を受信するステップと、

(b) 前記ダミー・サブチャンネルを通してデータが伝送されていないと仮定されて、選択されたダミー・サブチャンネルで受信されるノイズを検出するステップと、

(c) 前記選択されたダミー・サブチャンネルで受信された信号の検出された振幅および位相に少なくとも一部が基づいて、第1の複数の選択されたデータ・サブチャンネルを通して受信されたデータ信号に影響したRF干渉をキャンセルするステップと、

を備えた、無線周波数ノイズを抑制する方法。

11. 前記選択されたダミー・サブチャンネルが前記指定された周波数バンドの第1の端に位置する第1のサブチャンネルであり、

前記方法が、

第2のダミー・サブチャンネルを通してデータが伝送されていないと仮定して、前記指定された周波数バンドの第2の端部に位置する第2の選択されたダミー・サブチャンネルで受信されたノイズを検出するステップと、

前記第2の選択されたダミー・サブチャンネルで受信された信号の検出された振幅および位相に少なくとも一部に基づいて、第2の複数の選択されたデータ・チャンネルを通して受信されたデータ信号に影響したRF干渉をキャンセルするステップと、をさらに備えた、

請求項10記載の方法。

12. 前記ダミー・サブチャンネルが前記限定された周波数バンドにすぐ隣接して位置するサブチャンネルであり、前記指定された周波数バンド内の前記ダミー・サブチャンネルまたはサブチャンネルで伝送を行わないと仮定した、請求項10または請求項11記載の方法。

13. 前記ダミー・サブチャンネルが前記指定された周波数バンドのエッジにある前記指定された周波数バンド内のサブチャンネルである、請求項10または請求項11記載の方法。

14. 前記指定された周波数バンドを含む、前記指定された伝送バンド幅内に複数の限定された周波数バンドがあり、前記限定された周波数バンドの第1のバンドが約1.8~2.0MHzの範囲内にあり、前記限定された周波数バンドの第2のバンドが約3.5~4.0MHzの範囲内にあり、前記限定された周波数バンドの第3のバンドが約7.0~7.3MHzの範囲内にあり、前記限定された周波数バンドの各々が前記検出ステップおよびフィルタリング・ステップを実行する関連ダミー・サブチャンネルを有する、請求項10乃至請求項13のいずれかに記載の方法。

15. 前記選択されたデータ・サブチャンネルが前記指定された周波数バンド内にサブチャンネルを含まず、前記指定された周波数バンド内の前記サブチャンネルでデータ伝送を行わない、請求項10乃至請求項14のいずれかに記載の方法。

16. 前記指定された周波数バンド内の前記サブチャンネルの少なくとも1つでデータ伝送を行う、請求項10乃至請求項14のいずれかに記載の方法。

17. 前記限定された周波数バンド内の周波数に同調したノッチ・フィルタに受信したデータ信号を通過させるステップをさらに含む、請求項10乃至請求項16のいずれかに記載の方法。

18. 指定された伝送バンド幅内に多数の離散サブチャンネルを有するマルチキャリア伝送方式を使用する一対のモデム間の通信を容易にするデータ伝送システムにおいて、前記指定された伝送バンド幅内の指定され制限された周波数バンド内の無線周波数干渉を抑制する方法であって、

(a) 前記指定された伝送バンド幅内の複数の選択されたデータ・サブチャンネルを通してデータ信号を伝送するステップであって、前記選択されたデータ・サブチャンネルが前記制限された周波数バンド内にサブチャンネルを含まず、前記制限された周波数バンド内のサブチャンネルで伝送を行わず、専用沈黙サブチャンネルで伝送を行わない、ステップと、

(b) 選択されたダミー・サブチャンネルを通してダミー・トーンを伝送するステップであって、前記ダミー・トーンの振幅および位相が、前記データ・サブチャンネルの少なくとも1つからのサイドローブ伝送に起因する前記制限された周波数バンド内の伝送パワーを抑制するように選択されている、ステップと、

(c) 前記伝送された信号を受信し、前記制限された周波数バンド内のある周波数に同調されたノッチ・フィルタに受信信号を通過させるステップと、

(d) 前記専用沈黙サブチャンネルを通してデータが送信されていないと仮定して、前記専用沈黙サブチャンネルで受信された信号の振幅および位相を検出するステップと、

(e) 前記専用沈黙サブチャンネルで受信された信号の前記検出された振幅および位相に少なくとも一部に基づいて、第1の複数の選択されたデータ・サブチャンネルを通して受信されたデータ信号に影響したRF干渉をキャンセルするステップと、

を備えた、無線周波数干渉を抑制する方法。

19. デジタル情報を符号化するためのエンコーダと、

ある伝送バンド幅を有するマルチキャリア信号を形成するよう、各々が1つの関連トーンおよび1つの関連サブチャンネルに対応する多数のサブキャリアに前

記符号化されたデジタル情報を変調するための変調器であって、該変調器が、選択された複数のデータ・サブチャンネルを通してデータ信号を伝送し、かつ、選択されたダミー・サブチャンネルを通してダミー・トーンを伝送し、前記ダミー・トーンの振幅および位相が、制限された周波数バンド外のデータ・サブチャンネルの少なくとも1つからのサイドローブ伝送に起因する、前記伝送バンド幅の制限された周波数バンド部分内の伝送パワーを抑制するように選択されている、変調器と、

を備えた、マルチキャリア送信機。

20. 前記変調器が別個のダミー・サブチャンネルを通して複数のダミー・トーンを伝送する、請求項19記載の送信機。

21. 前記ダミー・サブチャンネルの第1のサブチャンネルが前記制限された周波数バンドよりも高い周波数バンドを有し、前記ダミー・サブチャンネルの第2のサブチャンネルが前記制限された周波数バンドよりも低い周波数バンドを有する、請求項19記載の送信機。

22. 前記伝送バンド幅が複数の制限された周波数バンドを含み、少なくとも1つのダミー・サブチャンネルが各制限された周波数バンドに関連しており、各ダミー・サブチャンネルが該サブチャンネルを通して伝送される1つの関連するダミー・トーンを有する、請求項20記載の送信機。

【発明の詳細な説明】**マルチキャリア伝送システムにおける無線周波数干渉の緩和****発明の背景**

本発明は、一般的には、超高速離散マルチキャリア・データ伝送システムに関する。より詳細には、マルチキャリア伝送方式における無線周波数(RF)干渉の影響を低減するための機構が開示されている。

ANSI(米国規格協会)規格グループによって認定されたグループである通信工業界の問題解決のための連合(ATIS)は、最近、非対称デジタル加入者回線(ADSL)を通してデジタル・データを伝送するための離散マルチトーンに基づく規格を決定した。この規格は、主に、通常の電話回線を通してビデオ・データを伝送するためのものであるが、同じように種々の他の用途にも使用できる。北米の規格はANSI T1.413 ADSL規格と称されており、この規格は本明細書で参考例として引用する。ADSL規格に基づく伝送レートは、ツイスト・ペア電話回線を介し少なくとも每秒600万ビット(すなわち、6+メガビット/s)での情報の伝送を容易にするものである。規格化されたシステムは、各々順方向(ダウン・ストリーム)に4.3125kHzの256個の「トーン」すなわち「サブ・チャンネル」を使用する離散マルチトーン(DMT)システムを使用することを定めている。ある電話システムに関連し、ダウン・ストリーム方向とは、(一般に電話会社によって所有されている)中央局からエンド・ユーザー(すなわち、住居またはビジネス・ユーザー)となり得る遠隔地への伝送として定義される。別のシステムでは、使用されるトーンの数大きく変わり得る。しかしながら、逆高速フーリエ変換(IFFT)を使って効率的に変調を行うときは、利用できるサブ・チャンネル(トーン)の数の代表的な値は2の整数累乗、例えば128、256、512、1024または2048個のサブ・チャンネルとなる。

非対称デジタル加入者回線規格は、16~800Kbit/sの範囲のデータ

・レートで上り信号を使用することも定義している。この上り信号は、アップ・ストリーム方向、例えば遠隔地から中央局への伝送に対応する。したがって、非

対称デジタル加入者回線なる用語は、データ伝送レートがアップ・ストリーム方向よりもダウン・ストリーム方向にほぼ高くなるという事実由来のものである。このことは、特に電話回線を通して遠隔地へビデオ・プログラミング信号または他のビデオ信号を伝送しようとするシステムで特に有効である。例えば、かかるシステムの潜在的な用途は、居住地の顧客がビデオ・カセットのレンタルを利用しなくても、電話回線またはケーブルを通してビデオ情報、例えば映画を得ることができるようにすることにある。別の潜在的な用途はビデオ会議にある。

本明細書の作成時において、ATISは既にVDSL（超高速デジタル加入者回線）規格と称される次世代の加入者回線に基づく伝送システムに関する作業を開始している。このVDSL規格は、ダウン・ストリーム方向に少なくとも12.98Mbit/sおよび好ましくは25.96または51.92Mbit/sの伝送レートを容易にせんとするものである。同時に、デジタル、オーディオおよびビデオ諮問委員会（DAVIC）は、ファイバー・ツー・カーブ（FTTC）と称される短距離システムについても作業を行っている。これらシステムの顧客の建物への伝送媒体は、標準的な非シールド・ツイスト・ペア（UTP）電話回線である。

VDSLおよびFTTC規格（以下、VDSL/FTTC）で使用するためのマルチキャリア変調方式はこれまで多数提案されている。提案されているマルチキャリア解決案の1つは、性質上、ADSL規格に類似するシステムで離散マルチトーン（DMT）信号を利用するものである。他の提案されている変調方式としては、無キャリア振幅および位相変調（CAP）信号、離散ウェーブレット・マルチトーン変調（DWMT）およびDMTの簡略されたバージョンであるOFDMがある。VDSL/FTTCが必要とするデータ・レートを得るために、伝送バンド幅はADSLが意図するバンド幅よりもかなり広くしなければならない。例えば、ADSLの応用例に対し採用される離散マルチトーン・システムは、1.1MHzのオーダーの伝送バンド幅を利用するが、VDSL/FTTCアプリケーション用には10MHzのオーダーのバンド幅が求められている。VDSL/

FTTCのための提案されている1つのDMTシステムでは、各々43.125kHz幅の256個の「トーン」すなわち「サブチャンネル」を使用することが意図されている。

これらワイドバンド・マルチキャリア変調方法を使用するには、克服しなければならない固有の障害がある。1つの特定の問題は、無線周波数干渉（混信）に関係するものである。当業者に周知のように、アマチュア無線家は1MHz～12MHzの周波数レンジ内のいくつかの比較的狭い周波数バンドを利用している。例えば、アマチュア無線家用に次の大まかな周波数バンドが割り当てられている。すなわち1.8～2.0MHz、3.5～4.0MHz、7.0～7.3MHzおよび10.1～10.15MHzが割り当てられている。したがって、加入者回線に基づく変調方式は、これらの周波数バンドで大きな干渉を出力せず、当然ながらシステムはこれら周波数レンジ内で特に高レベルの干渉を取り扱うようになっていなければならないことが重要である。本発明はかかる問題を処理するための機構を提供するものである。

発明の概要

本発明は、マルチキャリア・データ伝送システムにおける無線周波数干渉（混信）の影響を低減するための方法および装置に関する。本発明の1つの態様によれば、限定された周波数バンド内の放出を抑制するためにダミー・トーンを使用する。本発明の別の態様によれば、指定された沈黙トーンで受信される信号を検出し、これを使って、隣接するアクティブ・トーンでのRF干渉のキャンセルを容易にする。

限定された周波数バンドにおけるRF放出の制御に関連する本発明の第1の態様によれば、選択されたダミー・サブチャンネルでダミー・トーンを伝送する。このダミー・トーンの振幅および位相は、限定された周波数バンド外のデータ・サブチャンネルのうちの少なくとも1つからのサイドローブ伝送に起因する限定された周波数バンドにおける送信パワーを抑制するように選択される。

一部の実施態様では、限定された周波数バンドの両側にある異なるダミー・サブチャンネルにおいて一対のダミー・トーンを伝送する。このダミー・サブチャンネルの実際の位置は特定のシステムの要求に従って変わり得る。例えば、ダミ

一・サブチャンネルは、限定された周波数バンドにすぐに隣接するサブチャンネルとなり得る。別の例では、このダミー・サブチャンネルは、すぐに隣接するサブチャンネルが指定された沈黙トーンとなる状態で、限定された周波数から離れたサブチャンネルに位置する2つのトーンになり得る。多数の限定された周波数バンドを有する伝送システムでは、分離されたダミー・サブチャンネルは限定された周波数バンドの各々と関連付けされてもよい。

モデムによって受信されたRF干渉を処理することに関連した本発明の第2の状態によれば、RF干渉が予想される周波数の近くのサブチャンネルの少なくとも1つが、信号を送信しない沈黙トーンを指定する。しかしながら、沈黙サブチャンネルで受信されるノイズを検出し、これを使い、選択された隣接アクティブ・トーン上に発生しやすいRF干渉を効果的に予測する。こうして、検出されたノイズを使って隣接するアクティブ・トーンで受信されたデータ信号にかかるRF干渉のキャンセルを容易にする。

一部の実施態様では、指定され限定された周波数バンドの片側に1つの沈黙トーンが割り当てられるよう、一対の沈黙トーンを発生する。一部の実施態様では、指定された沈黙トーンは、指定され限定された周波数バンドにすぐに隣接するサブチャンネル内にある。他の実施態様では、指定された沈黙トーン的一方または双方は限定された周波数バンド内で発生される。

RF干渉の進入および発生が問題となるシステムでは、ダミー・トーンと沈黙トーンとを組み合わせ使用できる。かかるシステムでは、一般に、ダミー・トーンは沈黙トーンの外側に位置する。上記仕組は、特に、離散マルチトーン伝送システムで良好に作動するものである。

図面の簡単な説明

添付図面を参照し、次の説明を読めば、上記以外の本発明の課題および利点と共に、本発明を最良に理解できよう。

図1は、光学的ネットワーク・ユニットから各リモート・ユニットに延びた複数のツイスト・ペア電話回線を有する加入者回線に基づく通信システムのブロック図である。

図2は、伝送周波数の機能が0～12MHzの周波数レンジ内にある際の剥き

出しツイスト・ペア線を通してリモート・ユニットから伝送できる伝送パワーの大きさを示すパワー・スペクトル密度のグラフである。

図3(a)および図3(b)は、代表的な離散マルチトーン伝送システムにおける代表的な単一トーンの電圧の振幅を周波数の関数として示すグラフである。

図4は、同一の振幅を有する隣接する一対のトーンの電圧の振幅を示し、かつ、各サイドローブの干渉によって生じるトーン間電圧のオフセットを示すグラフである。

図5は、ダミー信号を発生する態様を示す略ブロック図である。

図6は、ツイスト・ペア伝送回線を通した代表的なVDSL応用例におけるリモート・ユニットで受信される最大トーン内パワーの大きさを伝送周波数の関数として示すグラフである。

図7は、限定された周波数バンドにおけるトーンをオフにする効果を更に考慮した図6に示されたりリモート・ユニットで受信される最大トーン内パワーの振幅を示すグラフである。

図8は、本発明の1つの構成による1.8~2.0MHzの限定された周波数バンドの近くの信号トーンの略図である。

図9は、本発明の第2の構成による1.8~2.0MHzの限定された周波数バンドの近くの信号トーンの略図である。

図10は、本発明の第3の構成による1.8~2.0MHzの限定された周波数バンドの近くの信号トーンの略図である。

図11は、本発明の第4の構成による1.8~2.0MHzの限定された周波数バンドの近くの信号トーンの略図である。

図12は、本発明の一実施態様による離散マルチトーン伝送方式を実現するのに適した中央モデムの略ブロック図である。

図13は、本発明の一置実施態様による離散マルチトーン伝送方式を実現するのに適したりリモート・モデムの略ブロック図である。

発明の詳細な説明

最初に図1を参照し、VDSL/FTTC応用に適した代表的な有線通信ネットワークの対応する部分について簡単に説明する。このシステムは、光学的ネッ

トワーク・ユニット（ONU）の形態をとり得る複数の分配ポスト11にサービスする中央局10を含む。各分配ポストは、光ファイバー回線の形態をとり得る1本以上の高速多重化伝送回線12を通して中央局10と通信する。光学的ネットワーク・ユニット11は、一般に、多数の離散的加入者回線15にサービスを行う。各加入者回線15は、一般に、ONUの1.5kmの範囲内にいる一人のエンド・ユーザーにサービスをする。このエンド・ユーザーは、極めて高いデータ・レートでONUと通信するのに適したリモート・ユニット18を有する。このリモート・ユニットはモデムを含むが、種々の異なるデバイス、例えば電話、テレビ、モニタ、コンピュータ、会議ユニットなどの形態をとり得る。当然ながら、エンド・ユーザーは、単一の回線に配線された複数の電話または他のリモート・ユニット18を有することが可能である。1つのONU11によってサービスを受ける加入者回線15は、一般に、シールド・バインダ21内にONUを残す。このバインダ内のシールドは、一般に、RFノイズの放出（発生）および受信（取り込み）に対する良好な絶縁体として働く。しかしながら、「ドロップ」23と一般に称されるこの加入者回線の最終部分がこのバインダから分岐しており、この最終部分はエンド・ユーザーのリモート・ユニットに直接または間接的に結合される。リモート・ユニット18とバインダ21との間の加入者回線15のこの「ドロップ」23部分は、一般に、シールドされていない。ほとんどの応用例では、この「ドロップ」の長さは約30m以下である。しかしながら、非シールド・ワイヤーは、RF信号の放出および受信を行うアンテナとして有効に働く。更に、ONU11とツイスト・ペア加入者回線15との間の接続部25も、RFエネルギーの放出源かつRFエネルギーの受信体としても働き得る。

特定の通信システムが伝送できるエネルギー量は行政上の見地および実際的な見地の双方から規制されている。上記のように、VDSL/FTTC応用で使用するのに適した離散マルチトーン・システムでは、12MHzオーダーの周波数バンドを使用することが予定されている。12MHz周波数レンジ内では、アマチュア無線家に割り当てられたいくつかの狭いバンドが存在している。したがって、図2には、VDSL/FTTCアップ・ストリーム通信の提案された伝送パワー・スペクトル密度が示されている。この実施態様では、伝送パワー・マス

ク32は周波数バンド全体にわたって最大 -60 dBm/Hz の最大値を可能にする。しかしながら、アマチュア無線RF干渉が予想される所定の周波数バンド（例えば、 $1.8\sim 2.0\text{ MHz}$ 、 $3.5\sim 4.0\text{ MHz}$ 、 $7.0\sim 7.3\text{ MHz}$ および $10.1\sim 10.15\text{ MHz}$ ）では、送信はこれよりもかなり低いレベルに制限される。これら限定された周波数バンド34における可能な出力パワー・レベルは提案値の間で多少変動する。しかしながら、VDSL/FTTC規格化プロセスに関与するほとんどの当事者は、約 $-80\text{ dBm/Hz}\sim -90\text{ dBm/Hz}$ の範囲の最大パワー密度を提案している。1つの特定の提案例では、 -86 dBm/Hz であり、この値は、（一般にドロップ23またはONU/加入者回線接続部25のいずれかとなる）放出源の50フィートの範囲内にあるラジオによるかなりの干渉を防止するのに十分な不感性をシステムに与える値である。最終的に同意された実際の送信パワーにも拘わらず、禁止されたレンジ内での放出を最小とするために明確な努力が必要であることは明らかである。

DMTのようなマルチキャリアや伝送方式は、当然、限定された周波数レンジ内に入る多数のサブキャリア（トーン）が存在する。したがって、限定された周波数レンジ内における送信を低減する第1のステップは、これらの特定のサブキャリアをオフにすることである。このことは、禁止された周波数レンジ内での放出を低減するだけでなく、無線信号の取り込み（受信）に関連した悪影響を低減するという効果がある。しかしながら、当業者に理解できるように、所望する周波数中心（ f_c ）の周辺に隣接する特定のトーンに対して放出されるパワー量を含むことは困難である。次に、図3（a）を参照すると、特定のトーンに関連した放出は、一般に、周波数中心（ f_c ）48を中心とする比較的高いパワー放出と、その両側に延びる次第に強度が小さくなる多数のサイドローブとを含む。図3（b）は、 43.125 kHz のバンド幅を有する特定トーンおよびそのサイドローブの強度の絶対値の大きさを含む。サイドローブ・パワー・ピークの位置は良好に定められる。第1のサイドローブ・ピークは、中心トーンに隣接する第1のトーンと第2のトーンとのほぼ中間に位置し、そのピーク・パワーは周波数中心におけるパワーの大きさの $(2/3\pi)^2$ 倍（すなわち、約4.5%）である。第2のサイドローブ・ピークは、中心トーンに隣接する第2のトーンと第3のト

ーンとのほぼ中間に位置し、そのピーク・パワーは周波数中心におけるパワーの大きさの $(2/5\pi)^2$ 倍（すなわち、約1.6%）である。第3のサイドローブ・ピークは、中心トーンに隣接する第3のトーンと第4のトーンとのほぼ中間に位置し、そのピーク・パワーは周波数中心におけるパワーの大きさの $(2/7\pi)^2$ 倍（すなわち、約0.8%）であり、以下のサイドローブ・ピークおよびその大きさは上記のように次々に定められる。

サイドローブ・パワーの振幅および位相は、限定された周波数バンド内のトーンを単にオフにするだけでは、DMT伝送バンド内の狭いレンジでのパワー・スペクトル密度を制限することを困難にし得る。例えば、43.125kHz幅のトーンを使用するシステムを検討する。200kHz幅の禁止されたレンジ内のトーン（例えば、0～11.04MHzの伝送バンドを有するシステムではトーン42～46）を単にオフすることによって1.8～2.0MHzレンジ内の200kHz幅のノッチを形成する試みがなされた場合、禁止されたレンジ内の中心における放出パワーは -60 dBm/Hz から -73 dBm/Hz のオーダーの大きさに低減されるだけである。明らかに、この結果、禁止された周波数レンジの中心でも -80 dBm/Hz または -90 dBm/Hz の希望するレンジよりもかなり高い放出がなされることとなる。当然ながら、禁止された周波数レンジの境界により近い周波数の放出パワーは、これよりもかなり大きくなる。したがって、マルチキャリア伝送システムにおけるあるレンジのトーンを単にオフするだけで放出を低減しようと試みる場合、オフしなければならないトーンの数、禁止された周波数レンジに関連したトーンの数よりもかなり多くなる。例えば、上記のように示された離散マルチトーン・システムでは、1.8～2.0MHzの禁止周波数レンジ内の所望する低減された放出を得るために、1.6～2.2MHzのレンジ内のサブチャンネルのすべてをオフにする必要性が生じやすい。離散マルチトーン・システムはサブキャリア周波数を検出し選択する能力が極めてフレキシブルであるが、アマチュア無線干渉を防止するためにかかる広い周波数バンドをオフにしなければならないことは望ましいことではなく、システム性能を低下し得る。

次に、図4を参照し、隣接するトーンのサイドローブの「干渉」効果について

説明する。これから判るように、トーン (T_n) は関連するサブチャンネルの中心周波数において所定の電圧レベルを有する。この T_n 信号 147 の電圧はすぐ隣接するトーン (すなわち、トーン (T_{n-1}) およびトーン (T_{n+1})) において 0 まで低下する。説明を容易とするため、図 4 はトーン (T_n) の片側のサイドローブしか示していない。しかしながら、これらサイドローブの関係は対称的であると理解すべきである。第 1 のサイドローブの電圧が隣接する第 1 のトーンと第 2 のトーンとの間 (例えば、トーン (T_{n+1}) とトーン (T_{n+2}) との間) の中間のピーク値に達する。ピーク電圧はトーン (T_n) の電圧の $(-2/3\pi)$ 倍である。サイドローブ電圧はトーン (T_{n+1})、(T_{n+2}) 等で再びゼロを通り、トーンの間の中間にある中間ピーク値に達する。第 2 のサイドローブ電圧ピーク値の大きさはトーン (T_n) の電圧の $(2/5\pi)$ 倍である。第 3 のサイドローブ電圧のピークの大きさはトーン (T_n) の電圧の $(2/7\pi)$ 倍である。

トーン (T_{n-1}) がトーン (T_n) と同じ振幅および位相を有する状況を検討すると、トーン (T_{n-1}) 148 からのサイドローブは、基本的には、(T_n) 147 のサイドローブと鏡像関係となるが、これらは (図 4 から判るように) 左側へ 1 トーン分だけシフトしている点が唯一異なっている。特定の周波数における T_n 信号および T_{n-1} 信号の組み合わせ電圧は個々の電圧の合計である。重要な見解は、隣接するトーンの周波数で T_n および T_{n-1} 信号 147、148 の双方の電圧がゼロとなるということである。更に、これらサイドローブは効果的に位相がずれる。すなわち、トーン T_n のサイドローブ電圧は、トーン T_{n-1} のサイドローブ電圧がその局所的な負の最大値に達するのと同じ周波数で局所的な正の最大値に達し、更に、この逆が生じる。したがって、これらサイドローブは、 T_n 信号および T_{n-1} 信号の電圧の線形合計を示す図 4 のライン 149 が示すように、少なくとも部分的に互いにずれる傾向がある。図示した実施態様では、トーン T_n とトーン T_{n-1} の振幅および位相は同じであると仮定している。当然ながら、トーンの振幅が異なれば、サイドローブ電圧の大きさも変わる事となる。

所定の周波数における別のトーンの効果について検討すると、複数のトーンの組み合わせ効果の結果、所定の周波数における各電圧の合計が効果的に生じる。したがって、特定の周波数における種々のサイドローブによって生じるパワーの

振幅および位相を制御したい場合、1つ以上のトーンに対し適当な電圧を選択することによってこの制御を行うことができる。本発明の1つの態様によれば、限定された周波数バンドにおける放出のパワーを抑制するために1つ以上のダミー・トーンを使用する。

ダミー・トーンを使った利点を評価するために、伝送レンジ（例えば、トーン42～46）内に限定された周波数バンドを有する上記システムについて検討する。まず、限定された周波数バンド内の最低トーン（ T_n ）とトーン（ T_{n+1} ）との間（すなわち、トーン42とトーン43との間）の中間にある当該特定の中間トーン周波数（ $f_{x'}$ ）における複数の隣接する低周波数トーンのサイドローブの効果について検討する。低周波数トーンによる周波数（ $f_{x'}$ ）のサイドローブ干渉は、低周波数トーンのサイドローブが周波数（ $f_{x'}$ ）で生じる際の低周波数トーンのサイドローブの合計となる。これら効果の一次の概算値は次のオーダーとなり得る。

$$\begin{aligned} \text{干渉} = & \beta_1 T_{n-1}' + \beta_2 T_{n-2} + \beta_3 T_{n-3} + \beta_4 T_{n-4} + \beta_5 T_{n-5} \\ & + \beta_6 T_{n-6} \quad (1) \end{aligned}$$

ここで、 β_1 はトーン T_{n-1} 自身の電圧に対する周波数 f_x におけるトーン T_{n-1} からのサイドローブ電圧を示す適当な倍数であり、 β_2 はトーン T_{n-2} 自身の電圧に対する周波数 f_x におけるトーン T_{n-2} からのサイドローブ電圧を示す適当な倍数であり、以下、 β について同じような関係が生じる。したがって、周波数 f_x におけるより低い周波数トーンからのサイドローブの効果は、先のトーンの重み付けされた合計の負に等価的な周波数 f_x におけるサイドローブ振幅を有するトーン T_{n-1} におけるダミー・トーンを加えることにより、効果的にキャンセルできる。すなわち

$$\begin{aligned} \beta_1 T_{n-1}' = & \beta_2 T_{n-2} + \beta_3 T_{n-3} + \beta_4 T_{n-4} + \beta_5 T_{n-5} + \beta_6 T_{n-6} \\ & + \beta_7 T_{n-7} \quad (2) \end{aligned}$$

または、

$$\begin{aligned} T_{n-1}' = & \alpha_2 T_{n-2} + \alpha_3 T_{n-3} + \alpha_4 T_{n-4} + \alpha_5 T_{n-5} + \alpha_6 T_{n-6} \\ & + \alpha_7 T_{n-7} \quad (3) \end{aligned}$$

ここで、 $\alpha_2 = \beta_2 / \beta_1$; $\alpha_3 = \beta_3 / \beta_1$; $\alpha_4 = \beta_4 / \beta_1$ 等である場合、サイドロ

ープに起因する周波数 f_x における組み合わされた出力電圧はゼロとなる。したがって、サイドローブ干渉の効果の大きさを大幅に低減するためにダミー・トーンを使用できることが明らかとなるはずである。主トーンに対するサイドローブの上記係数（すなわち、 $-2/3\pi$ 、 $+2/5\pi$ 、 $-2/7\pi$ 等）を使用すると、この結果、倍数 α の値は次のとおりとなる。

$$\alpha_2 = 3/5 = -0.60$$

$$\alpha_3 = 3/7 = 0.43$$

$$\alpha_4 = 3/9 = -0.33$$

$$\alpha_5 = 3/11 = 0.27$$

$$\alpha_6 = 3/13 = -0.23$$

$$\alpha_7 = 3/15 = 0.20$$

$$\alpha_8 = 3/17 = -0.18$$

$$\alpha_9 = 3/19 = 0.16$$

$$\alpha_{10} = 3/21 = -0.14$$

$$\alpha_{11} = 3/23 = 0.13$$

実際のところ、限定された周波数レンジからかなりの距離離間しているトーンの効果はダミー・トーンの振幅および位相に対して無視できる効果となるので、先のトーンのすべての重み付けされた合計に対して行う必要はない。しかしながら、上記のように、サイドローブはトーンを中心周波数を中心に対称的となる傾向がある。したがって、一般に、当該周波数の両側に存在するトーン的作用を検討することが重要である。例えば、各側に約5～20個のトーンのレンジ、または、より好ましくは各側で約10～15個のトーンのレンジで使用することが適当である。ある特定の実施態様では、限定された周波数バンドの各側で10個の最も近く隣接するトーンを使用している。

上記例は、限定された周波数バンドにおけるRF干渉放出を低減するのに良好に作動するが、倍数の計算に考慮しなければならないより多くのいくつかの検討事項がある。これを開始するため、限定された周波数バンド内の第1のトーンと第2のトーンとの間（例えば、トーン T_n と T_{n+1} との間）の中間位置のサイドローブ干渉のパワーをキャンセルしても、限定された周波数バンド全体にわたるサ

イドローブ干渉を完全にキャンセルすることとはならない。これは、サイドローブは比例的に減衰するわけではないからである。したがって、限定された周波数レンジ内の干渉の総パワー量を良好に低減するような数として倍数 α の値を選択することが望ましい。かかる計算では、種々の公知のパワー最小化技術の任意のものを使用できる。例えば、1つの適当な方法として、最小二乗平均を利用できる。当然ながら、適当な倍数 α を計算する際に多数のその他の二次的要素を検討することができる。

次に、図5を参照する。ある実施態様では、限定された周波数バンドの両側にある一対の限定された周波数バンドを利用している。各ダミー・トーンは、限定された周波数バンドの各側における10個の最も近くに隣接するトーンからなる。したがって、ダミー・トーンは種々の隣接するトーンの重み付けされた合計となる。このダミー・トーンはIFFT変調器45への入力信号として発生される。

限定された周波数バンドの幅がサブチャンネルの幅に対して比較的広い場合、一般に、限定された周波数レンジの各側に1つのダミー・トーンが発生されるよう、限定された周波数レンジに対し一対のダミー・トーンを発生することが必要である。しかしながら、サブチャンネル（一例として、43.125kHz幅のサブチャンネルを使用する際の10.1~10.15MHzの周波数レンジの場合のように、1つまたは2つのサブチャンネル）のバンド幅に対し、限定された周波数バンドが比較的狭い場合、限定された全周波数バンドに関連し、単一のダミー・トーンのみを使用することができるし、そのようにすることが望ましい。他方、限定された周波数バンドが極めて広く、必要な抑制量が極めて大きくなっている（例えば、上記例では40dBm/Hzの抑制量が必要とされる）アプリケーションでは、限定された周波数バンドの各側に一対のダミー・トーンを設けると役に立ち、および／または、そのようにすることが必要となり得る。倍数 α の計算はより複雑であるが、より良好な抑制が得られることが理解できるはずである。当然ながら、他のアプリケーションでは更に別のダミー・トーンを同じように使用できる。

種々のアクティブ・トーンの振幅および位相はシンボルごとに変化することが

できると理解すべきである。したがって、特定のダミー・トーンの振幅および位

相は時間に対して固定されない。むしろ、シンボルごとに計算すべきである。しかしながら、倍数 α の値は定数として維持できる。このような仕組みにより、送信機は、各シンボルを伝送する前に、簡単な総和回路または同様な回路を使ってダミー・トーンの振幅および位相を計算するだけでよい。定数の計算はシステムのデザインと関連させて行われるので、一定の倍数を使用する際には倍数の計算の複雑さは問題とならない。

限定された周波数バンドに重なるトーンを単にオフすることと組み合わせて、限られた周波数バンドに隣接またはほぼ隣接するダミー・トーンを上記のように使用することは、1～12MHzの周波数バンドに入る、限定されたRF周波数バンドにおけるRF干渉の放出を制御する上で良好に働くことがこれまで判っている。ツイスト・ペア加入者回線を利用する場合、非シールドドロップがRF干渉放出源となる可能性が最も高いと考えられる。リモート・ユニット18は一般にこのドロップに配線されるので、リモート・ユニットから中央局10に向かうアップ・ストリームの通信がRF干渉放出問題を解決することが特に重要である。

当業者には理解できるように、ツイスト・ペア伝送回線を通して伝送される高周波マルチキャリア信号は、このツイスト・ペア回線を通して比較的長距離伝送される際にかかなりの減衰を受ける。例えば、図6を参照すると、伝送パワーがDMTに基づくVDSL変調方式の伝送バンド幅にわたって-60dBm/Hzの大きさである場合、代表的なリモート・ユーザーでの受信パワーは周波数スペクトルの低い方の端では-70dBm/Hzの大きさとなり得るが、周波数スペクトルの高い方の端では-125dBm/Hzもの低い値に低下し得る。したがって、ソースから比較的遠くにドロップが位置しているような状況では、ダウン・ストリーム信号はドロップに到達する時間まで十分に減衰し、限定された周波数レンジ34内の認められるパワー・スペクトル密度よりも既に低くなっている。したがって、ONUとツイスト・ペア回線との間の接続部が良好にシールドされ、ツイスト・ペア回線がONUからかなりの距離の間良好にシールドされている

ような応用例では、ダウン・ストリーム信号におけるダミー・トーンの使用を省略または低減することが可能である。

上記主たる実施態様では、限定された周波数レンジ内のトーンは単にオフされ

るだけであるので、トーンを通してデータは伝送されない。しかしながら、図2に最良に示されているように、限定された周波数バンド内の伝送は禁止されず、むしろ、これらバンド内のパワー・スペクトル密度は指定されたスレッシュホールドよりも低くしなければならない。したがって、ある応用例では、限定された周波数レンジ内のトーンのパワーを低減することにより、1つ以上の限定された周波数バンド内のトーンを通して伝送することが可能である。限定された周波数レンジ外のトーンからのサイドローブ・ノイズを抑制するためにダミー・トーンを使用することも、かかる応用例で有効であると判っている。上記実施態様では、ダミー・トーンは限定された周波数バンド外に位置している。しかしながら、所定の限られた状況では、限定された周波数バンド内に実際に入るダミー・トーンを使用することは、バンド内の放出の真のパワーを低減する上で有効であることが判っている。

上記のように、ワイドバンドなマルチキャリア変調方式を実現する際の同じように重要な問題は、ツイスト・ペア伝送回線に回り込み、モデムが取り込むRF干渉を処理することに関連している。侵入するアマチュア無線干渉は、約4KHz幅よりも少ない、極めて狭いバンドの干渉の形態をとる傾向がある。しかしながら、この干渉の位置は限定された周波数バンド内の任意の位置であり、あるバンドから別のバンドに周期的にホップし得る。更に、別の周波数バンドで送信している2つ以上の特定の送信機から同時に干渉を受信することがあり得る。伝送回線のドロップまたはその他の非シールド部分の比較的近くにアンテナが設けられている場合、受信したRF干渉の強度が影響を受けた周波数バンド内のトーンの強度を弱くすることがある。VDSLの設計仕様は、限定された周波数バンドにおける極めて大強度の狭帯域のRFノイズの回り込みを予想したものである。したがって、RF干渉の効果を低減するようにいくつかの機構を設けることが予想される。

まず、図12に示されるように、共通モード・ノイズを低減するために、A/D変換器の前にトランス61が設けられる。伝送回線はツイスト・ペア線であるので、RF干渉の大部分は、トランス61で除去できる共通モード・ノイズの形態となっている。例えば、トランスは約30dBだけ受信RFノイズを低減でき

るものとすることができる。しかしながら、トランスを通過する差動モード信号は極めて大きな量のノイズを有するので、このノイズはDMT信号の検出を可能にするには除去しなければならない。例えば、VDSL仕様では-10dBm/Hzもの大きい差動モード・ノイズ強度を想定している。トランス61の出力信号は、A/D変換器に直接入力されるか、差動モード・キャンセル・ユニットのような他のノイズ低減機構を介してA/D変換器に間接的に入力される。この差動モード・キャンセル・ユニットは、ツイスト・ペア線を構成する2本のワイヤで受信されたRFノイズの間のアンバランスから生じ得る、トランスから出力される差動モード信号の一部を除去するようになっているフィルタである。例えば、「無線周波数ノイズ・キャンセラー」を発明の名称とし、チオッフィらによつて1996年4月19日に出願された仮米国特許出願第60/016,251号に、適当な差動モード・キャンセル・ユニットが記載されている。この出願は本明細書で参考例として引用する。

A/D変換器の前でフィルタリングを行っているにも拘わらず、A/D変換器62によって受信される信号はまだかなりのRFノイズ成分を含むので、このようなノイズ成分は受信機によって処理しなければならない。上記のように、RF干渉の放出を防止するように、限定された周波数バンド内のトーンは既にオフされている。したがって、限定された周波数バンド内のサブチャンネルのいずれにもデータはない。したがって、受信機内で狭帯域RFノイズ成分を低減する1つの方法は、限定された周波数バンド内にノッチ・フィルタを設けることである。このノッチ・フィルタは、適応型フィルタでもスタティック・フィルタでもよいし、また、アナログ信号またはデジタル信号のいずれででも作動できる。適応型フィルタは入力するRF干渉の周波数に同調できるので、良好なノイズ抑制を実行できるという利点を有する。しかしながら、当業者であれば理解できるように

、浮遊する未知のRF信号の周波数を決定することは比較的困難であるので、コストおよびシステムの応答性の双方の点で潜在的な欠点を有するフィルタを構成するには、比較的多量のデジタル信号処理が必要である。更に、限定された周波数バンドのエッジの比較的近くに狭帯域RF干渉が位置している場合、この干渉はノッチに重なるサイドローブをカットするので、隣接するトーンに比較的多量の

ひずみを生じさせる。

これと対照的に、スタティック・フィルタは低コストであるという利点を有するが、RF干渉の周波数に同調しないので、これらフィルタを限定された周波数バンド内の特定の周波数（例えば、限定された周波数バンドの中心）に同調しなければならぬ。例えば、特定の限定された周波数のためのスタティック・ノッチ・フィルタの中心を限定された周波数バンドの中間としてもよい。スタティック・フィルタはこれらが同調する周波数でノイズをフィルタリング除去するという良好な作業を行うが、RF干渉の周波数がフィルタの同調周波数から離れるにつれ、フィルタの性能はかなり低下する。したがって、本発明の別の態様により、RF干渉を更に低減するための更に別の機構が提供される。この機構は、本質的には、RF干渉出力に対し上記のようにダミー・トーンを使用することの逆の機構である。

より詳細に説明すれば、限定された周波数レンジに隣接するサブチャンネルでトーンが伝送されない（すなわち、サブキャリア（ $n-1$ ）が沈黙トーンである）場合、隣接周波数トーンのサイドローブに起因するトーン T_{n-1} の周波数における信号の予想強度は、マルチキャリア伝送の性質からゼロとなる。これについては図2に最良に示されている。したがって、沈黙トーン T_{n-1} で検出される信号強度はRF干渉の作用（ $RFIT_{n-1}$ ）に起因するものと想定できる。沈黙トーンに対する無線周波数干渉の作用が決定されると、隣接するアクティブ・トーンに対する予想干渉を推定する試みを行うことができる。RF干渉の実際の周波数が未知であるときは、隣接アクティブ・トーンに対する予想干渉の計算は不正確となると理解すべきである。しかしながら、単純な仮定を行うことにより、隣

接トーンに対する予想干渉の比較的良好な概算を行う、倍数 α に類似する倍数 λ の一組を計算できる。

干渉の最悪のケースは、限定された周波数内のエッジ・トーンと隣接トーンとの間の中間点にRF干渉が位置する場合となる。最悪のケースのオフセット（すなわち、RFノイズが限定された周波数レンジ内の第1のトーンと第2のトーンとの間の中間に位置すること）を仮定すると、主トーンに対するサイドローブの振幅および位相に対する上記数字（すなわち、 $-2/3\pi$, $+2/5\pi$, $-2/$

7π 等）は同じようにRF干渉にも適用される。したがって、倍数 λ を決定する単純な最悪ケースの方法を使用する結果、倍数 α の第1の組に対し計算されたのと同じ値が倍数 λ にも使用される。すなわち、

$$\lambda_2 = -3/5 = -0.60$$

$$\lambda_3 = 3/7 = 0.43$$

$$\lambda_4 = -3/9 = -0.33$$

$$\lambda_5 = 3/11 = 0.27$$

$$\lambda_6 = -3/13 = -0.23$$

$$\lambda_7 = 3/15 = 0.20$$

$$\lambda_8 = -3/17 = -0.18$$

$$\lambda_9 = 3/19 = 0.16$$

$$\lambda_{10} = -3/21 = -0.14$$

$$\lambda_{11} = 3/23 = 0.13, \text{等}$$

倍数 λ は、関連するトーンで観察されるRF干渉の概算値を提供する測定された沈黙トーン（RFIT_{n-1}）に対するRF干渉を乗算した係数である。RFサイドローブ干渉は、干渉の周波数が指定トーンに接近するにつれ、比較的急速に低下し始めることが理解できよう。RF干渉がトーンのある中心にある場合、図3（a）および図3（b）を参照すると理解できるように、その効果は理論的にはゼロに低下する。更に、RF干渉が限定された周波数バンドの中心に近くなればなるほど、ノッチ・フィルタは干渉の強度を良好に低減する。更に、RF干渉が限定された周波数バンドの関連するエッジから離間したトーン内で生じる場合、RF

干渉と影響を受けたアクティブ・トーンとの間の分離が大きくなり、このことも干渉の強度を低減するように作用する。したがって、事態が進むにつれ限定された周波数レンジに隣接するトーンを沈黙トーンとして使用すると、倍数 λ を計算するための根拠として最悪ケースのシナリオを使用すると、比較的良好な近似が得られることが多い。しかしながら、上記のように倍数 α の計算に関しては、倍数 λ の計算は種々の他の要素を考慮して最適化できる。一般に、その意図はアクティブ・トーンにおけるRFノイズのキャンセルを静的に最大にすることである。また、倍数 α の計算には最小二乗はめ込み方法が適する。

上記実施態様では、測定された沈黙トーンは、限定された周波数バンドにすぐ隣接する限定された周波数バンドの両側に位置する。しかしながら、このことは条件ではない。別の実施態様では、測定される沈黙トーン的一方または双方は、実際には、限定された周波数バンド内のトーンとなり得る。限定された周波数バンド内の最も適したトーンは、限定された周波数バンドの各エッジにあるトーンとなる。別の実施態様では、入力RFノイズが限定された周波数バンドの下端または上端内にあるのかどうかを評価するのに、検出器が使用される。RF干渉が存在する限定された周波数バンドの側に隣接するトーンを第1の測定された沈黙トーンとして使用し、一方、限定された周波数バンド内のエッジ・トーンを第2の測定された沈黙トーンとして使用する。

入力制御しか必要でない応用例では、測定された沈黙トーンを発生するだけでよい。図8には、限定された周波数バンドの両側で一对の測定された沈黙トーンを利用する実施態様が示されている。この実施態様では、限定された周波数バンド201は1.8~2.0MHzであり、43.125kHz幅のサブチャンネルを有するDMTシステム内でトーン42~46にオーバーラップする。測定された沈黙トーン41、47を含む。図示された実施態様では、2つのオーバーヘッド・サブチャンネル（例えば、トーン41およびトーン47）が必要である。上で指摘したように、沈黙トーン41、47を測定する代わりに（限定された周波数バンド内にある）トーン42、46的一方または双方を測定することが可能である。限定された周波数バンド内の測定される沈黙トーン的一方または双方を測

定することにより満足できる性能が得られる場合、一般に、かかる構造が好ましい。その理由は、かかる構造は性能を改善する限定された周波数バンドを回避することに関連するオーバーヘッドを低減するからである。

これと対照的に、出力制御しか必要でない応用例では、ダミー・トーンを発生するだけでよい。図9には、限定された周波数バンドの両側で一对のダミー・トーンを利用する図8に類似の実施態様が表示されている。したがって、サブチャンネル41、47には、ダミー・トーンがカプセル化される。上で指摘したように、極めて狭い限定された周波数バンドを有する実施態様では、所望の性能を得るのに単一のダミー・トーンを利用することが可能である。

別の実施態様では、ダミー・トーンと測定された沈黙トーンとの組み合わせを利用することによって実行できる入出力の双方を制御することが必要となり得る。例えば、図10には、ダミー・トーンおよび測定された沈黙トーンの双方を利用する図8および図9に類似した一実施態様が表示されている。この実施態様では、トーン40は低い方のダミー・トーンであり、トーン41は低い方の沈黙トーンであり、トーン47は高い方の沈黙トーンであり、トーン48は高い方のダミー・トーンである。これらダミー・トーンは測定された沈黙トーンの外側にあることが好ましいことが理解できよう。限定された周波数バンドとダミー・トーンとの間に測定された沈黙トーンを設けることは、限定された周波数バンドの周りにバッファを設けるように働き、このバッファは、サイドローブが限定された周波数レンジ内に有する効果を抑制するのを助ける。更に、倍数 α の値を計算する際に、測定された沈黙トーン41、47を検討する場合、トーン41、47内の総パワーの振幅および位相は限定されていないので、限定された周波数バンド（トーン42～46）内のパワーを更に低減するように、これら値を最適化することができる。

図11に示された別の実施態様では、サブチャンネル40、47内に一对のダミー・トーンを発生し、サブチャンネル41、46内で測定された沈黙トーンを発生する。すなわち、測定された沈黙トーン的一方は、限定された周波数バンド内に位置する。これとは異なり、トーン47を測定された沈黙トーンとして利用

しながら、サブチャンネル41、48上でダミー・トーンを発生することも可能である。このような構造により満足できる性能が得られる場合、本実施態様は図10の実施態様が4本のオーバーヘッド・サブチャンネルを必要とするのに対して、3本のオーバーヘッド・サブチャンネルを使用するだけでよいので、本実施態様は図10の実施態様と比較すると好ましい実施態様である。

いくつかの実施態様で有効となり得る別のレベルの最適化では、図9に示されるような限定された周波数バンドに隣接してダミー・トーンが設けられ、限定された周波数バンド内の最も外側のトーンを測定された沈黙トーンとして使用する。更に別の実施態様では、必要な性能を得るために別のダミー・トーンおよび／または別の沈黙トーンを設けてもよい。かかる実施態様では、ダミー・トーンは、

一般に、沈黙トーンの外側に位置するが、このことは厳密には条件ではない。

次に、図12を参照し、上記離散マルチトーン伝送方式を実施するのに適した中央モデムのアーキテクチャについて説明する。1本以上の光ファイバー幹線を複数のエンド・ユーザー用ツイスト・ペア回線に結合する実施態様では、中央モデム30は、一般に、ONUの形態をとる。中央モデムは、ファイバー・インターフェース41と送信機40と受信機70とコントローラ60とを含む。コントローラ60は、リモート・モデムのクロックを中央モデム内のクロックと同期させるだけでなく、リモート・モデムから伝送されたフレームを同期化するのにも使用される。中央局10は、非同期転送モデム交換機41（図では、ファイバー・インターフェースと表示されている）を介し、送信機40にデジタル・データを送る。この中央局10は、送信機的能力、伝送距離、伝送回線の質および使用する通信回線のタイプを考慮して、可能な最大データ・レートまでのデータ・レートでデータを発生できる。送信機40は、エンコーダ43と離散マルチトーン変調器45とウィンドー・フィルタ46とを含むいくつかの構成部品を内蔵する。エンコーダ43は、転送すべきデータ（例えば、ビデオ・データ）を多重化し、同期化し、符号化するように働く。より詳細には、このエンコーダは、多数のサブチャンネルの各々に対し、入力ビットストリームを同相成分および直交成分

に変換する。この符号化は順方向の誤り訂正および／またはトレリス符号化を行うことができる。このエンコーダは、一般に、システムに利用できるサブチャンネルの本数に等しい多数のサブシンボル・シーケンスを出力するようになっている。例えば、256本のサブチャンネルを有するシステムでは、エンコーダは、256から限定された周波数バンド内のサブチャンネル数を引いた数のサブシンボル・シーケンスを出力する。これら入力は複素入力であり、離散マルチトーン変調器45へ送られる。例えば、適当なエンコーダは引用したANSI規格文書に記載されている。

変調器45は、適当なアルゴリズムにより逆フーリエ変換を計算するIFFT変調器である。1990年5月のIEEE通信マガジンの「マルチキャリア変調：その原理は現実となった」と題するJ.ビンガム氏の論文には、適当なIFFTエンコーダが記載されている。このエンコーダの出力は複素数であるので、

IFFT変調器は利用できるサブチャンネル数の2倍の数の入力信号を受信しなければならない。離散マルチトーン・システムではビット分布を適応的に決定する。これを容易とするため、送信機40は、利用できるサブチャンネルの各々の回線の品質を判断するよう通信回線をモニタする回線モニタも含む。一実施態様では、(コントローラ60の一部である)回線モニタは、サブチャンネルの各々におけるノイズレベル、利得および位相のずれを測定する。この測定の目的は、サブチャンネルの各々の信号対ノイズ比を評価することにある。したがって、上記パラメータと同様にまたはその代わりに、他のパラメータもモニタできる。どのサブチャンネルが符号化されたデータを伝送しているのかだけでなく、各サブチャンネルを通してどれだけ多くのデータを伝送するのかの判断は、いくつかの要素に基づいて行われる。これらの要素としては、検出される回線の品質のパラメータ、サブチャンネルの利得パラメータ、可能なパワー・マスクおよび所望する最大のサブキャリアのビット誤りレートが挙げられる。種々の要素は、サブチャンネルの間で一定である必要はなく、使用中に変わってもよいと理解すべきである。最も顕著なことに、回線の品質パラメータは繰り返してチェックすることができ、使用中に種々のサブチャンネルの間で回線の品質が変化する場合、変調

をダイナミックに調節するように、変調方式の調節をリアルタイムで行う。例えば、同じATIS規格文書には適当な離散マルチトーン変調器が包括的に記載されている。

離散マルチトーン信号を形成するために、符号化された信号を延長した後に、離散マルチトーンで符号化された信号に周期的プリフィックスを付ける。この周期的プリフィックスは、主に、離散マルチトーン信号の復調を単純にするために使用されるものであり、厳密には必要でない。この周期的プリフィックスの長さは大幅に変わり得る。例えば、512サンプル信号では40ビットの周期的プリフィックスを使用できる。

次に、バンド外エネルギーを最小にするために、ウィンドー・フィルタおよび／または他のフィルタに変調された信号を通過させる。このことはリモート受信機内のアナログ・インターフェースの飽和を防止するのを助ける上で好ましい。ウィンドー化は広範な種々の従来のウィンドー化プロトコルによって行うことが

できる。送信機はアナログ・インターフェース48も含み、このインターフェースは伝送媒体に離散マルチトーン信号を印加する。有線システム、例えばツイスト・ペア電話回線および同軸ケーブルでは、アナログ・インターフェースが回線ドライバの形態をとり得る。中央モデム30はリモート・ユニットからのマルチトーン信号を受信するための受信機70も含む。この受信機70は、アナログ・インターフェース72とウィンドー・フィルタ74と復調器76とデコーダ78とを含む。中央モデム30によって受信される信号は、アナログ・フィルタ72を介してまず受信される。ウィンドー・フィルタ74は受信された信号に対してウィンドー化および／またはフィルタ機能を有効に実施するようになっている。適当なフィルタ構造として、時間領域等化器74がある。また、ウィンドー化は広範な種々の従来のウィンドー化プロトコルによって実行できる。復調器76は等化された離散マルチトーン信号を復調し、周期的プロトコルを除く。デコーダ78は復調された信号を復号化する。復調器76およびデコーダ78はそれぞれ変調器45およびエネルギー43の逆の機能を効果的に実行する。次に、復号化された信号はデコーダ78から中央局10またはインターフェース41を介し情

報の他の適当なユーザーに送られる。チョウらによる米国特許第5,285,474号には、時間領域等化器74と復調器76とデコーダ78との機能のみならず、所望する機能を実行するのに適したアルゴリズムがすべて記載されている。

次に、図13を参照し、本発明の同期化を実行するのに適したリモート・ユニット・アーキテクチャについて説明する。リモート・モデムは多くの点で中央モデムに類似するが、各アップ・ストリームの通信能力とダウン・ストリームの通信能力が多少異なることがある。中心モデム30によって伝送された信号は、トランス61、ノッチ・フィルタ185およびキャンセラー63を介してリモート・ユニット50によって受信される。リモート・ユニット50は、アナログ・インターフェース172と、時間領域等化器(TEQ)174と、等化された離散マルチトーン信号を復調するとともに周期的プリフィックスを除く復調器176と、復調された信号を復号化するデコーダ178とを含む。時間領域等化器174は、受信された信号に対するフィルタ機能を効果的に実行する。ウィンドー・フィルタも使用できる。復調器176およびデコーダ178はそれぞれ、変調器

45およびエンコーダ43の逆の機能を実行する。次に、復号化された信号は、デコーダ178からリモート・デバイス22、例えばビデオ電話、テレビ、コンピュータまたは他の適当な受信装置へ送られる。時間領域等化器174、復調器176およびデコーダ178の機能は中央モデム内の対応する部品の機能に類似する。限定された周波数バンド内のエネルギーをブロックし、望ましくないRF信号の進入から保護するのを助けるよう、受信機のアナログ・フィルタ172の上流位置にアナログ・ノッチ・フィルタ185を設けてもよい。また、共通モード・ノイズを除くようにトランス61を設け、および/または、ツイスト・ペア回線のアンバランスによって生じる差動モード・ノイズを除くために、キャンセラー・ユニット63を設けてもよい。これにより、アナログ・フィルタの飽和を防止するのを助けることができる。バンド外のエネルギーおよび限定されたバンド・エネルギーを除くために、ノッチまたは他の適当なフィルタリング機構を設けることにより、低コストの受信キーの部品を使用できる。受信機自身は多くのエネルギーを処理するのには必要でないからである。

数種類の特定の変調方式のみに適用されるものとして、本発明について詳細に説明したが、本発明の精神および範囲から逸脱することなく、本発明を他の多くの形態で実施できると理解すべきである。例えば、本明細書は、VDSL/FTTCおよび他の加入者回線に基づく極めて高速のデータ伝送システムでの使用を説明したが、本発明は、かなり狭いバンドの干渉を受けるか、指定された伝送バンド内の限定された周波数バンドを有する他のシステムでも使用できる。主として説明した実施態様では、離散マルチトーン変調方式を利用するシステムに本発明を実施した例について説明した。しかしながら、本発明は他の変調方式を使用するシステムでも容易に使用できる。例えば、ダミー・トーンを使用することにより、変調技術、例えば離散ウェーブレット・マルチトーン変調(DWNT)を使用する他のマルチキャリア伝送方式における狭帯域伝送を抑制するのを助けることができる。

更に、本発明は中央局の位置およびリモート局の位置の双方で広範な種々のモデム構造を使って実現できると理解すべきである。したがって、本例は、単に説明上のものであって、限定的なものではないと解すべきであり、本発明は、本明

細書に示した細部のみに限定されるものでなく、添付した請求の範囲内で変形可能なものである。

【図1】

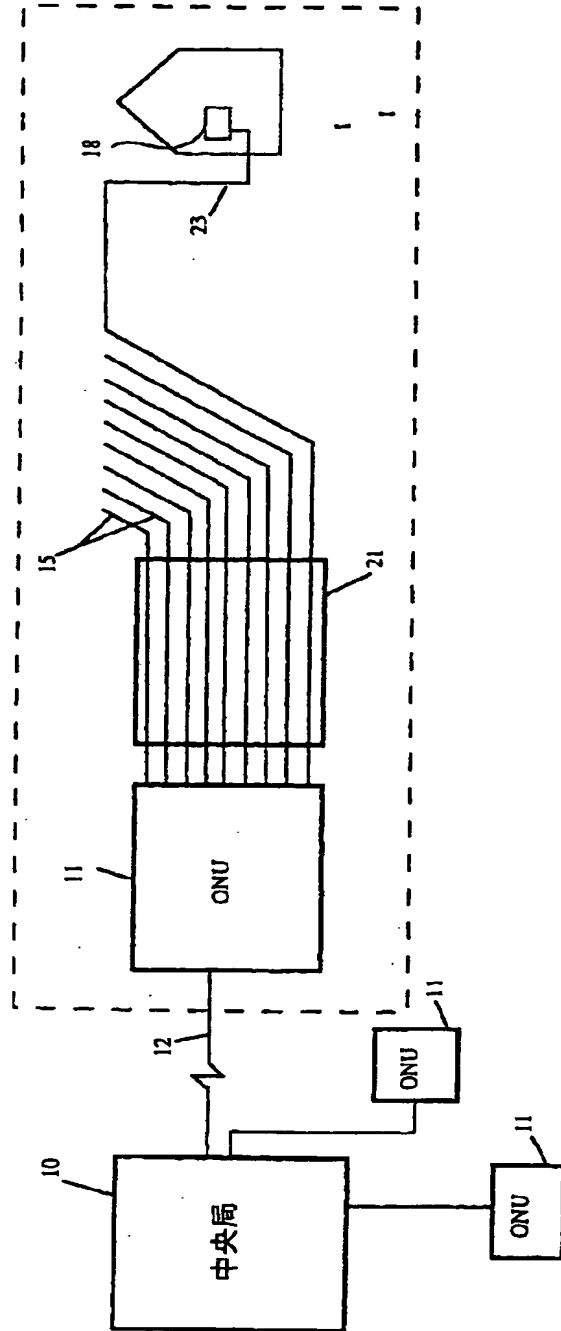


FIGURE 1

【図2】

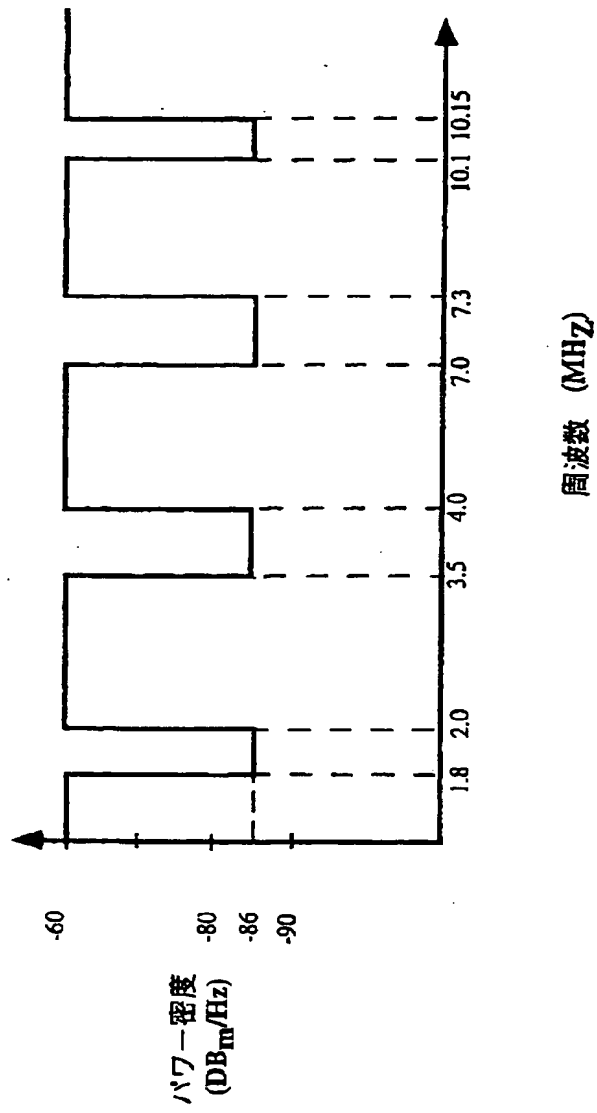


FIGURE 2

【图3】

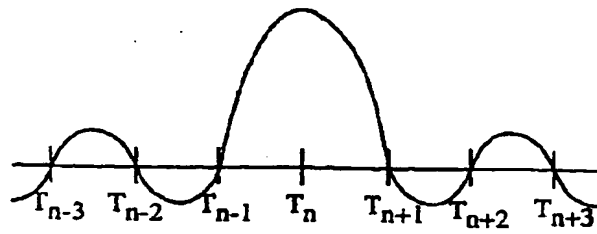


FIGURE 3(a)

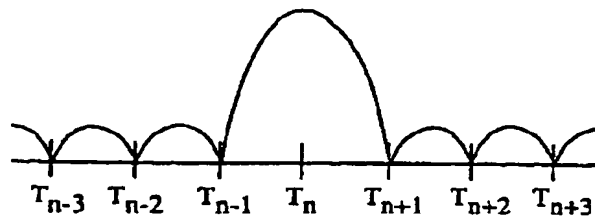


FIGURE 3(b)

【图4】

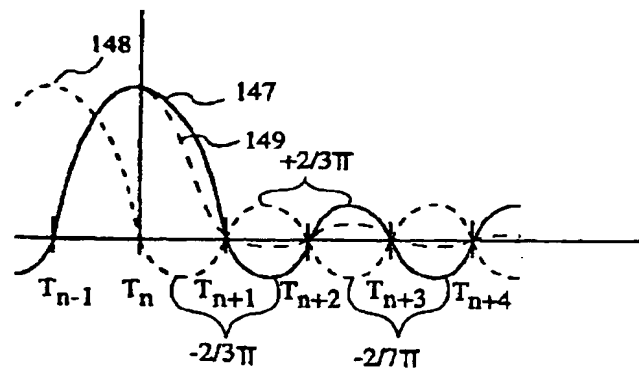


FIGURE 4

【図5】

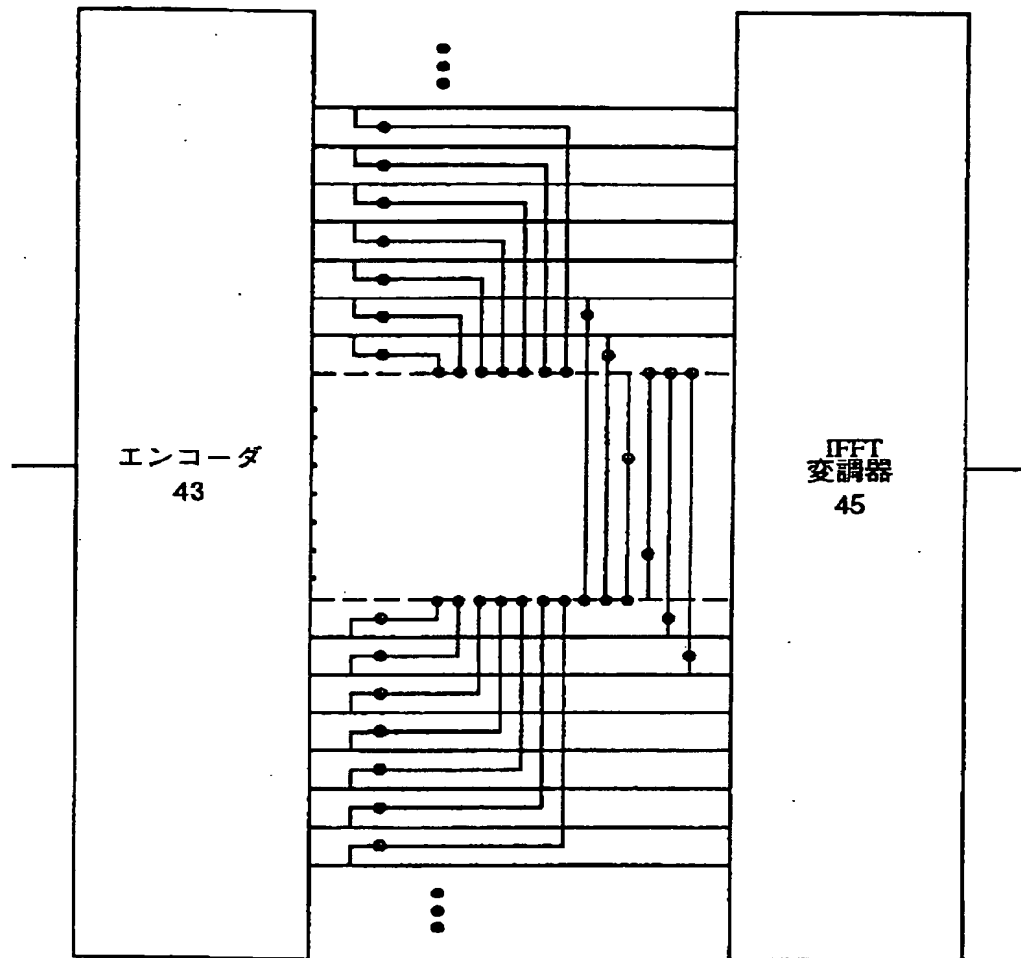


FIGURE 5

【図6】

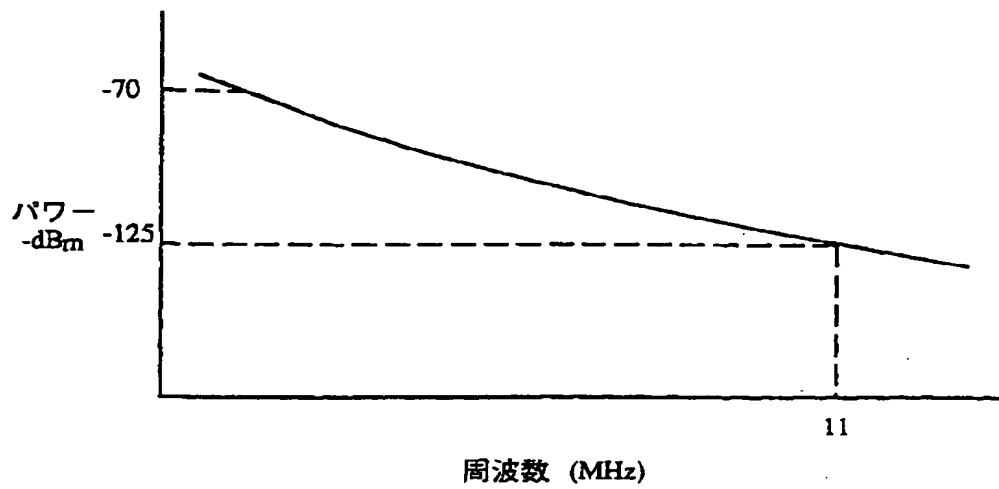


FIGURE 6

【図7】

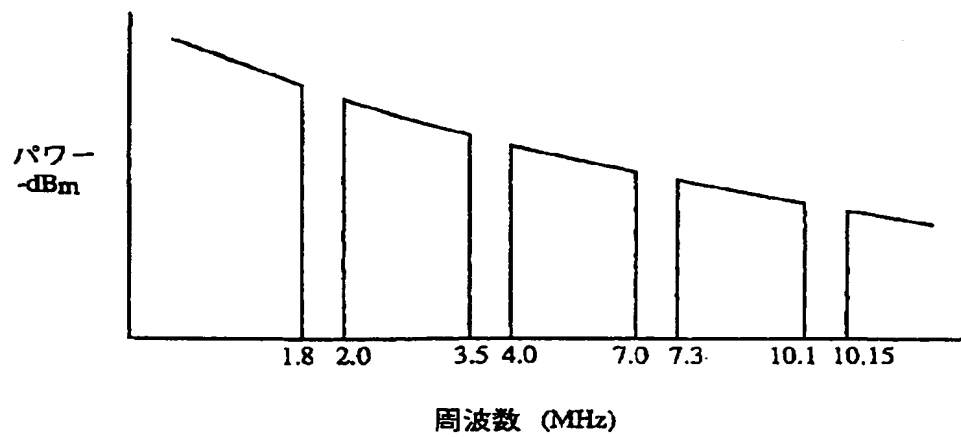


FIGURE 7

【图8】

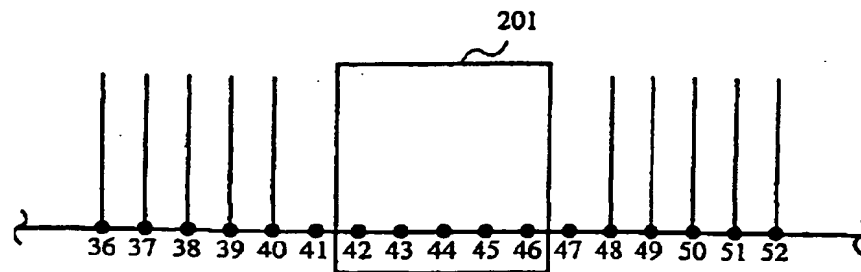


FIGURE 8

【图9】

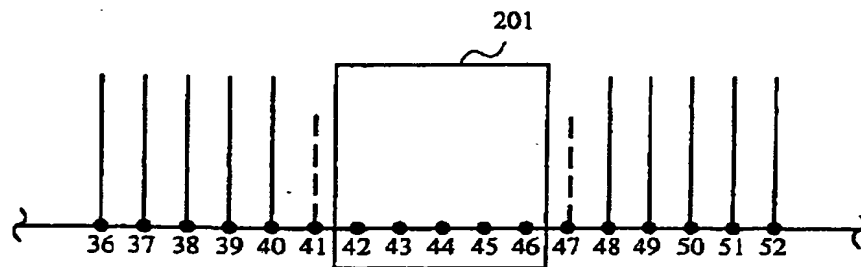


FIGURE 9

【图10】

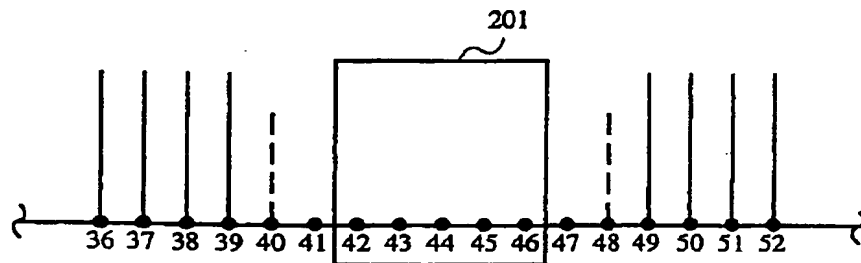


FIGURE 10

【图11】

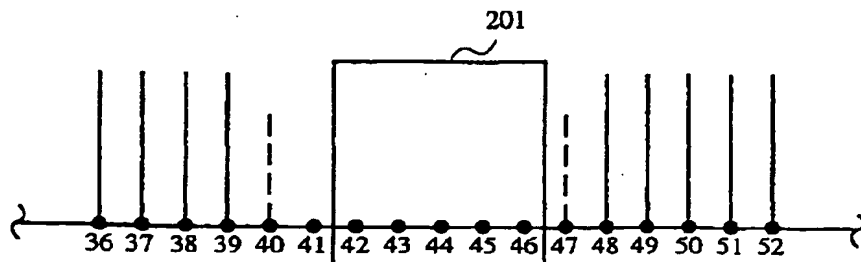


FIGURE 11

【図12】

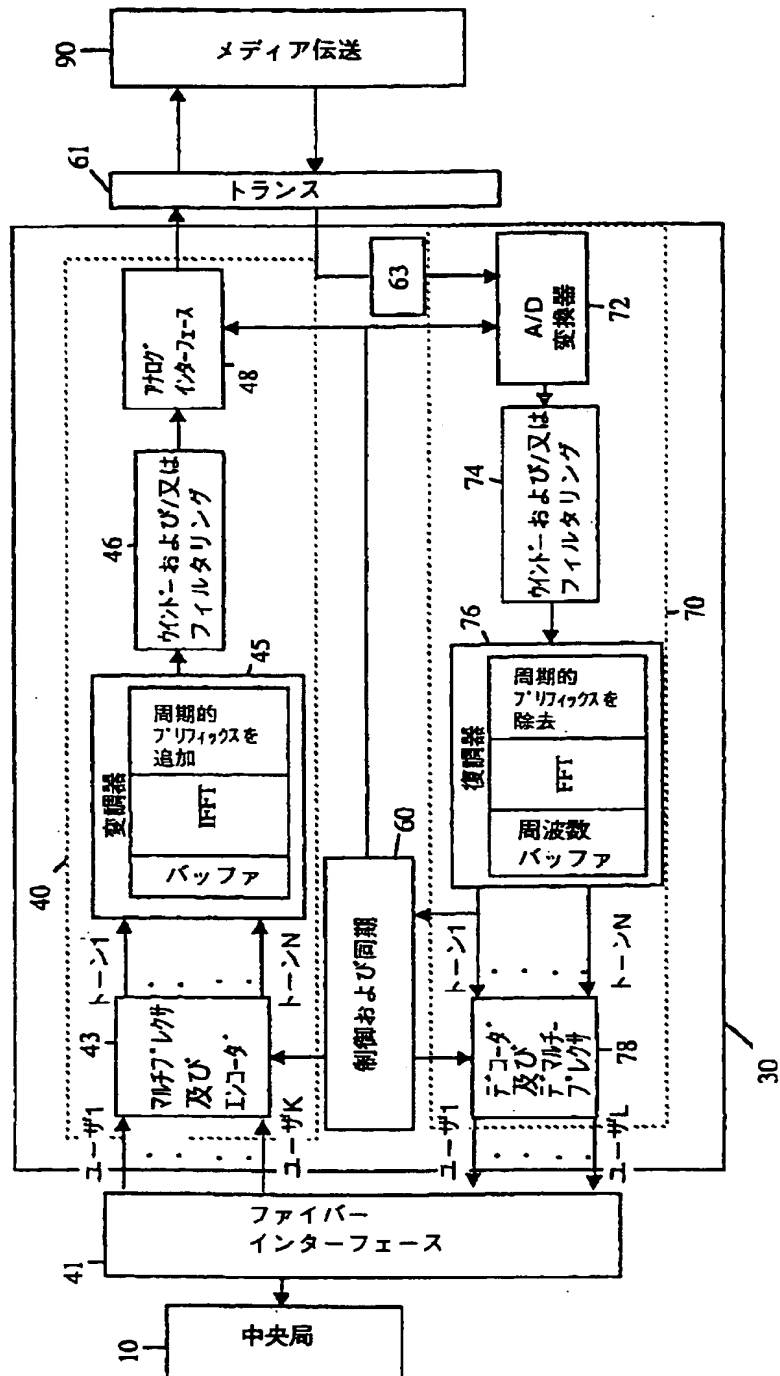


FIGURE 12

【図13】

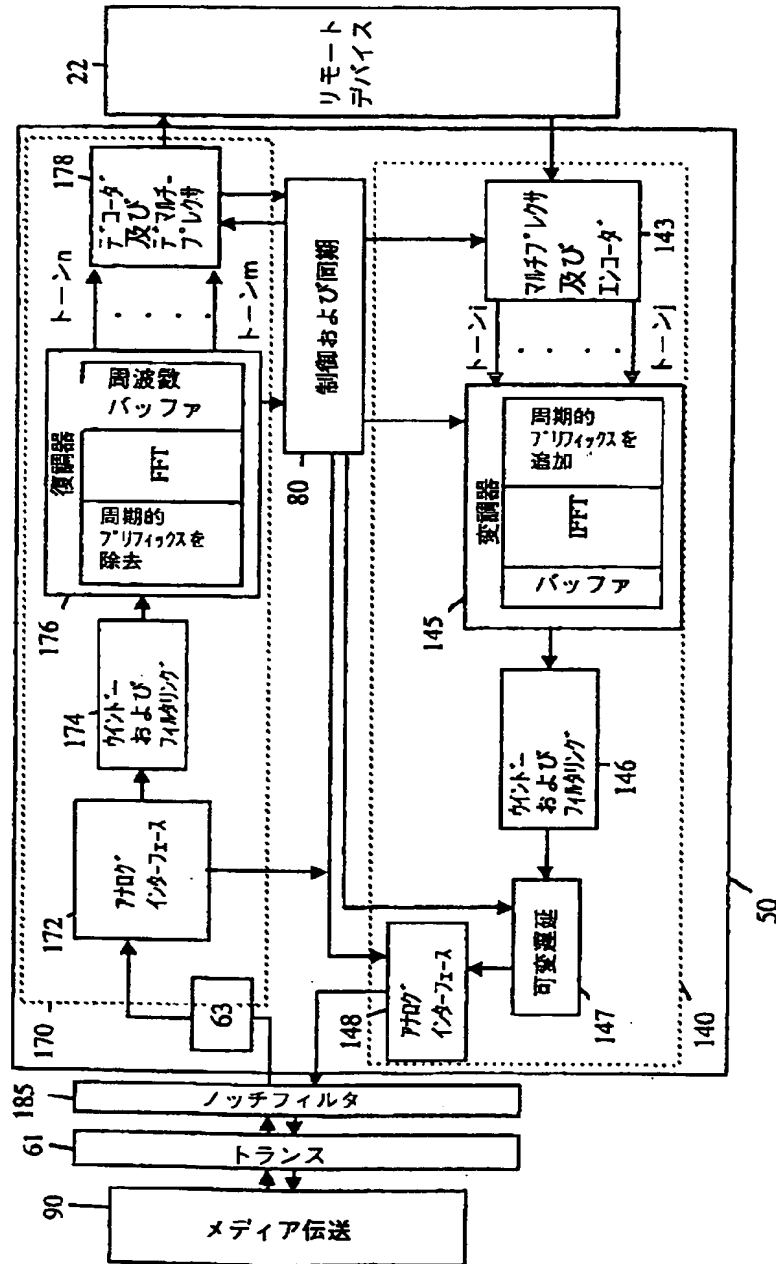


FIGURE 13

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internat. J. Application No. PCT/US 97/06454		
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 6 H04L27/26		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 6 H04L H04J		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of documents, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 91 15925 A (NATIONAL TRANSCOMMUNICATIONS) 17 October 1991 see abstract; figure 4 see page 2, line 32 - line 40 see page 5, line 3 - line 12 see page 6, line 26 - line 35 see page 7, line 5 - line 10 see page 16, line 31 - line 33 see page 27, line 18 - line 21 --- -/--	1.5, 18, 19
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" documents published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" documents of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "Z" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 27 August 1997		Date of mailing of the international search report 29.09.97
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HH Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer SCRIVEN P.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internat : Application No

PCT/US 97/06454

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JACOBSEN, CIOFFI: "High-performance multimedia transmission on the cable television network" SUPERCOMM/ICC, 1 - 5 May 1994, NEW YORK, US, pages 1048-1052, XP000438662 see abstract see page 1048, right-hand column, paragraph 2 see page 1049, right-hand column, paragraph 2 see page 1049, right-hand column, paragraph 4 ---	1,18,19
A	WO 92 17010 A (SCIENTIFIC ATLANTA) 1 October 1992 see page 3, line 10 - line 14 ---	1,18,19
A	WU, CARON: "Digital television terrestrial broadcasting" IEEE COMMUNICATIONS MAGAZINE, vol. 32, no. 5, May 1994, pages 46-52, XP000451095 see page 50, right-hand column, paragraph 5 ---	1,18,19
A	US 4 269 482 A (MORI) 26 May 1981 see abstract see column 2, line 13 - line 29 -----	1,18,19

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US 97/06454

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)

This International Search Report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the International Application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful International Search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. Claims 1-9, 18-22: Use of a dummy tone to suppress transmitted power within a restricted band
2. Claims 10-17: Use of a quiet tone to allow a receiver to detect and cancel interference from a restricted band

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this International Search Report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this International Search Report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this International Search Report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

1-9, 18-22

Remark on Protest

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Internal Application No
PCT/US 97/06454

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9115925 A	17-10-91	AT 139660 T	15-07-96
		AU 651818 B	04-08-94
		AU 7584591 A	30-10-91
		CA 2078445 A	01-10-91
		DE 69120401 D	25-07-96
		DE 69120401 T	02-01-97
		EP 0521995 A	13-01-93
		JP 5505290 T	05-08-93
		NO 180789 B	10-03-97
		US 5488632 A	30-01-96
		AU 646298 B	17-02-94
		AU 8613691 A	15-04-92
		CA 2085728 A	15-03-92
		EP 0548205 A	30-06-93
		WO 9205646 A	02-04-92
		JP 6501357 T	10-02-94
		US 5345440 A	06-09-94
WO 9217010 A	01-10-92	US 5225902 A	06-07-93
		AU 669845 B	27-06-96
		AU 1660692 A	21-10-92
		BR 9205795 A	28-06-94
		CA 2106599 A	20-09-92
		CN 1066360 A	18-11-92
		CS 9200835 A	14-10-92
		EP 0576586 A	05-01-94
		JP 6506332 T	14-07-94
		MX 9201233 A	01-10-92
		PL 167998 B	30-12-95
US 4269482 A	26-05-81	JP 54061553 A	17-05-79
		US 4336981 A	29-06-82

フロントページの続き

(81) 指定国 EP(AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AP(GH, KE, LS, MW, SD, SZ, UG), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, GH, HU, IL, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU